

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ ВО ВРАЩАЮЩИХСЯ ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ ГАЗОВЫХ СТРУЯХ

Любарец А.П. (*Киевский национальный университет строительства и архитектуры, г. Киев*), Бандуркин С.К. (*Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса*), Зайцев О.Н. (*Одесский национальный политехнический университет, г. Одесса*)

В статье приведены результаты экспериментальных исследований колебательных процессов в свободной закрученной изотермической струе, возникающих при прецессии вихревого ядра.

Закрученные потоки в связи с их многочисленными практическими приложениями представляют собой важный раздел современной гидро- и аэродинамики. Применение вращающихся потоков не ограничивается одной областью, например вентиляцией или гидравликой, позволяет решать задачи стабилизации и интенсификации в теплоэнергетике, различных производствах – строительстве, металлургии, ракетостроении.

Закрученные течения являются результатом сообщения потоку спирального движения с помощью закручивающих лопаток, при использовании генераторов закрутки с осевым или тангенциальным подводом, или прямой закруткой путем тангенциальной подачи потока в камеру с формированием окружной компоненты скорости (называемой также тангенциальной или азимутальной компонентой скорости). Экспериментальные исследования показывают, что закрутка оказывает крупномасштабное влияние на поле течения: на расширение струи, процессы подмешивания и затухания скорости в струе. При этом вопросы влияния индуцируемых вихревым ядром колебаний на устойчивость потока, особенно при взаимодействии вращающихся струй, аэродинамика их при движении под сходящимся углом, параллельно, противоположно друг другу (как соосно, так и со смещением) изучены недостаточно, а существующие в настоящее время аналитические и эмпирические методики расчета вращающихся потоков не

позволяют получить численные решения поля скоростей и его устойчивости с течением времени [1, 2]. В данной работе ставится задача по экспериментальному исследованию колебательных процессов, возникающих в результирующих полях скорости и получение данных для инженерных расчетов в одиночной закрученной струе.

Экспериментальные исследования данного процесса производилось на экспериментальном стенде с замером скоростей в потоке термоэлектроданометром в каждой точке через 10 с., 30 с., 60 с., 90 с. и 120 с. [3].

Центр координатной сетки располагался в середине между осями патрубков. Замеры выполнялись в вертикальной и горизонтальной осях с шагом 0,05 м, в каждом сечении (0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3 м от патрубка). Расстояние между патрубками — 0,4 м при встречных, встречных, смещенных в горизонтальной плоскости, при параллельном расположении струй сечения брались на расстояниях 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 м от среза патрубков, при угловом расположении патрубков (15° , 30° , 45° , 60°) расстояния до сечения определялись от центра оси на срезе патрубков.

Анализ колебательных процессов в свободной сильнозакрученной изотермической струе показал, что в радиальной составляющей скорости на срезе выходного патрубка (рис. 1) колебания наблюдаются на участках максимальных значений в периферийных слоях струи и минимуме в центральной области, которая соответствует зоне обратных токов. Такое распределение объясняется периодическим «схлопыванием» области обратных токов, а на периферии — нутацией прецессирующего вихревого ядра.

По мере удаления от патрубка на 1—3 калибра (рис. 2) начинается расслоение скорости и в промежуточных областях, что объясняется расширением зоны обратных токов, при этом структура поля радиальной составляющей скорости на расстояниях до 3 калибров имеет постоянный характер. На расстоянии в 4 калибра (рис. 3) происходит качественное изменение профиля рассматриваемой составляющей скорости — исчезновение зоны обратных токов, что увеличивает колебания скорости во всем сечении, при этом амплитуда их достигает 60% от абсолютных значений радиальной скорости. Дальнейшее удаление от источника струи (рис. 4) увеличивает амплитуду колебаний данной составляющей скорости до 80%. То есть при сравнении амплитуда колебаний радиальной скорости в различных сечениях сильнозакрученной струи можно констатировать, что ее увеличение носит относительный характер, а в абсолютных величинах амплитуда остается практически постоянной величиной, что подтверждает предположение

о нутации прецессирующего вихревого ядра в качестве механизма возбуждения таких колебаний и отвергает объяснение только на основе теории турбулентных пульсаций.

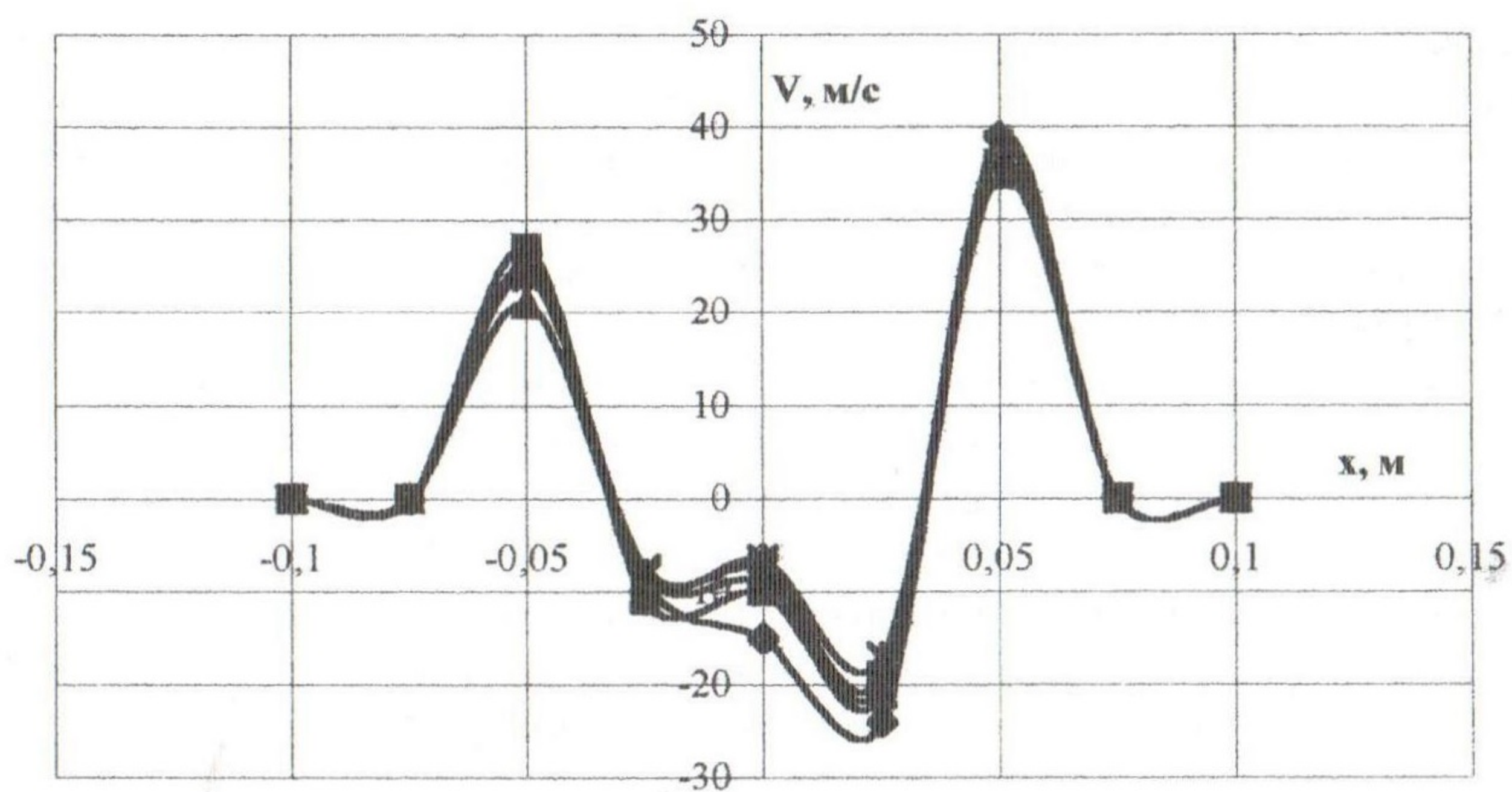


Рис.1. Распределение радиальной скорости на срезе патрубка:
 ◆ — через 10 с.; ■ — 30 с.; ▲ — 60 с.; x — 90 с.; ж — 120 с.

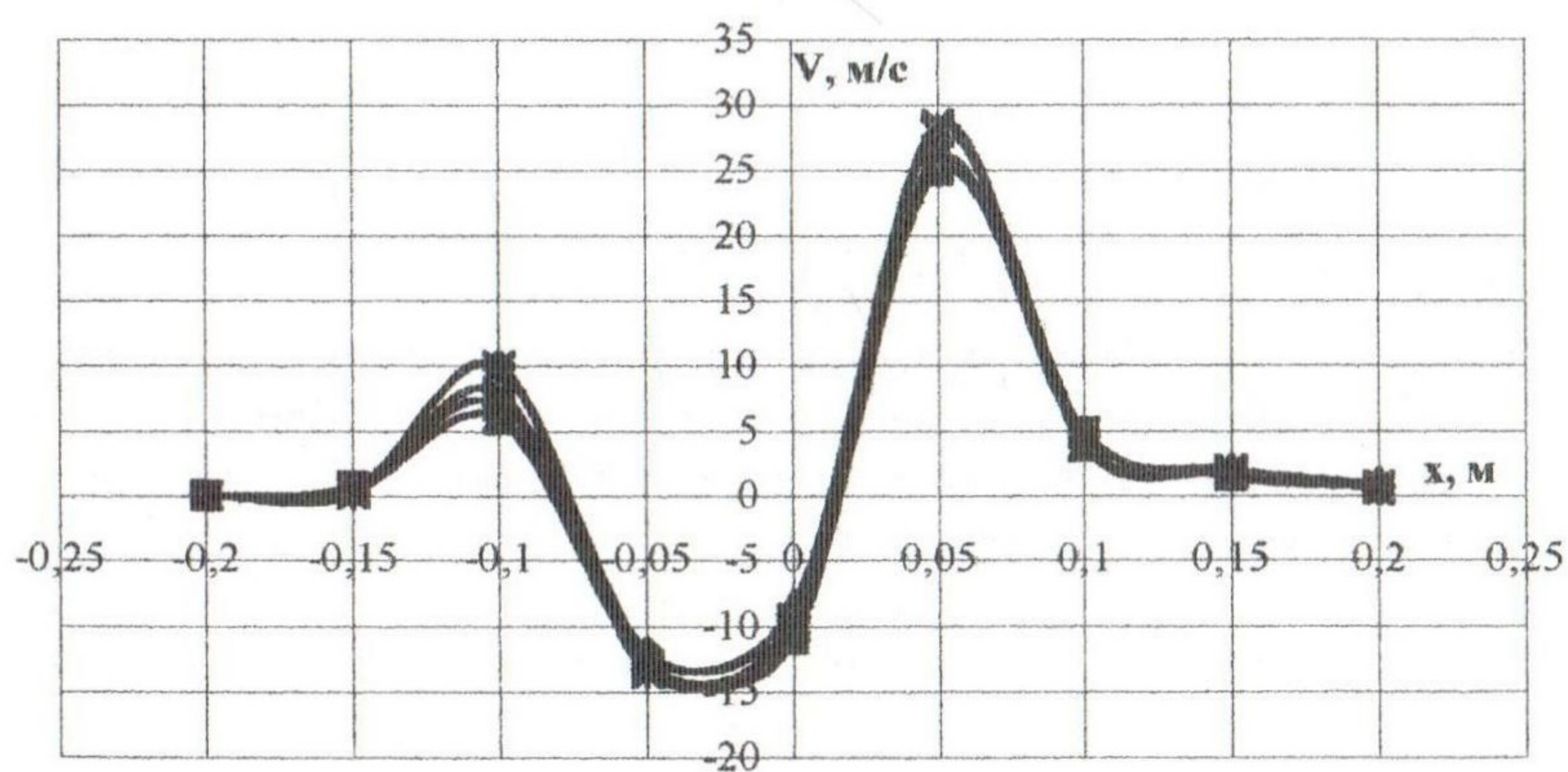


Рис.2. Распределение радиальной скорости на расстоянии 0,1 м:
 ◆ — через 10 с.; ■ — 30 с.; ▲ — 60 с.; x — 90 с.; ж — 120 с.

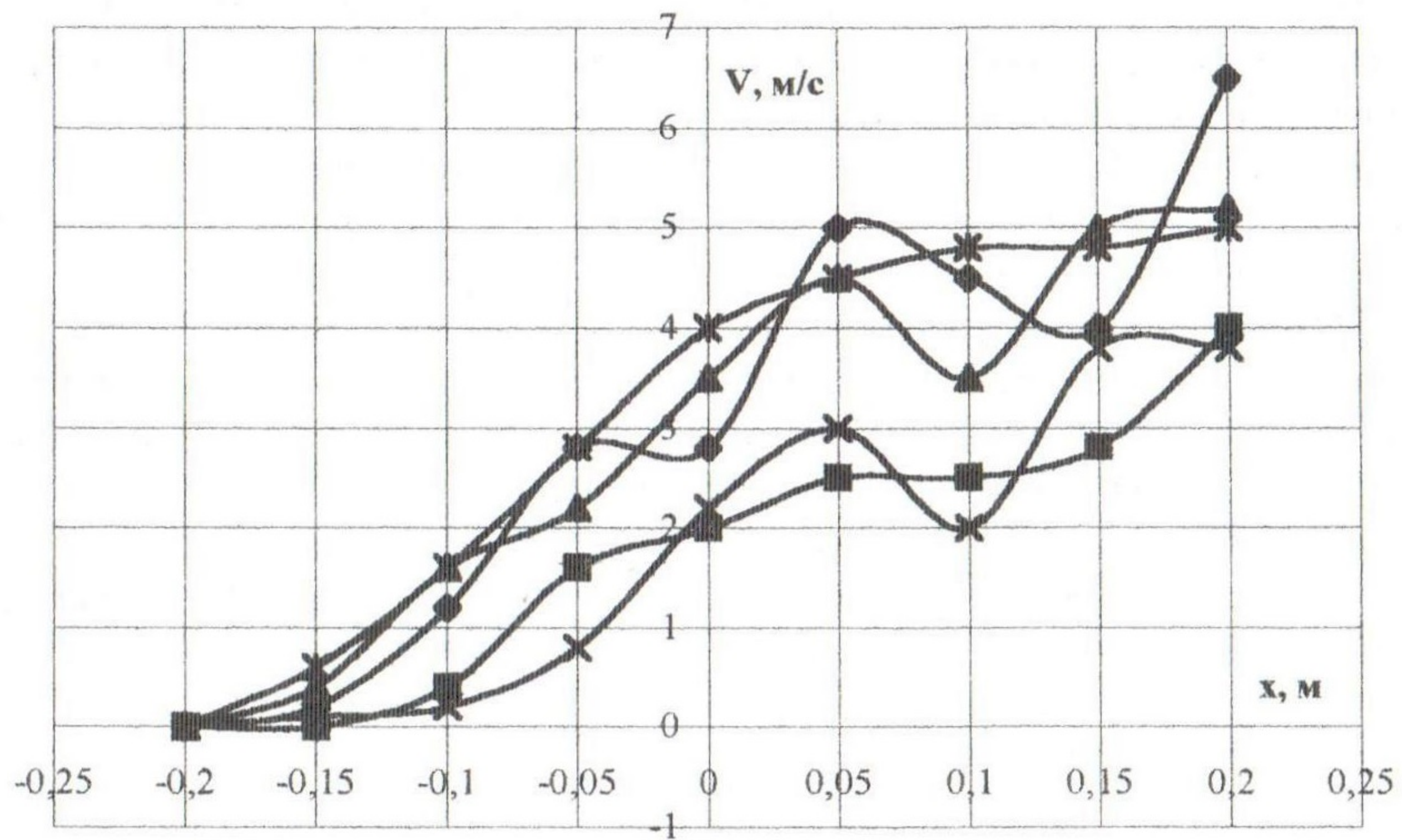


Рис.3. Распределение радиальной скорости на расстоянии 0,4 м:
 ◆ — через 10 с.; ■ — 30 с.; ▲ — 60 с.; x — 90 с.; ж — 120 с.

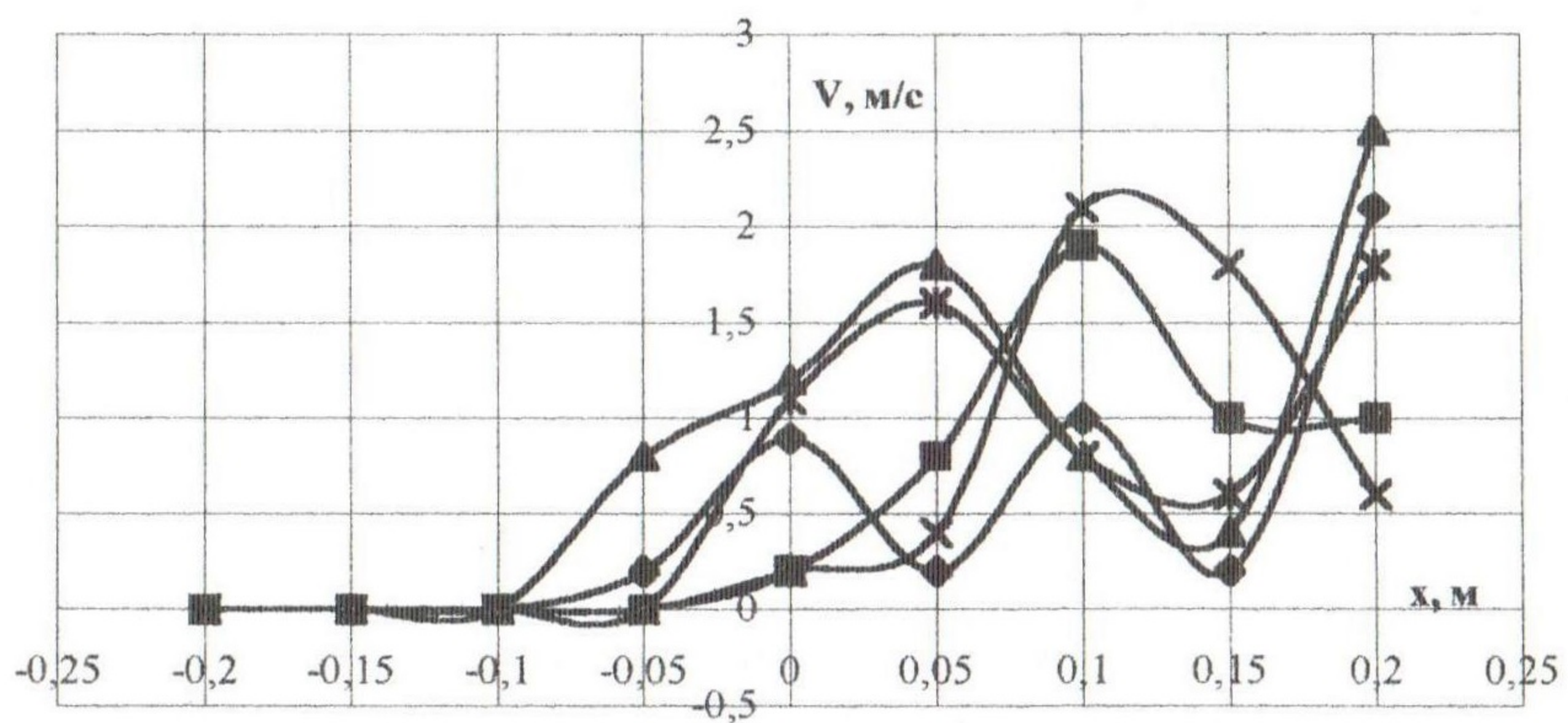


Рис.4. Распределение радиальной скорости на расстоянии 0,5 м:
 ◆ — через 10 с.; ■ — 30 с.; ▲ — 60 с.; x — 90 с.; ж — 120 с.

Колебания тангенциальной составляющей скорости в свободной изотермической закрученной струе на выходе из патрубка (рис.5) аналогично колебаниям радиальной составляющей располагаются в минимуме в центральной зоне и максимуме внешней области струи.

По мере удаления от среза патрубка на 1—2 калибра наблюдается уменьшение колебаний в центральной зоне и увеличение амплитуды колебаний тангенциальной скорости во внешних слоях течения.

На расстоянии 3 калибров происходит резкое изменение структуры самой струи и значительное увеличение относительной амплитуды колебаний, вызванное окончанием зоны обратных токов.

При дальнейшем удалении от источника относительная амплитуда колебаний тангенциальной составляющей скорости возрастает, а смещение максимума последней от вертикальной оси объясняется неравномерностью начального поля скорости при одиночном тангенциальном подводе газа. Необходимо также отметить, что, начиная с расстояния 3 калибров (то есть после закрытия зоны обратных токов) в распределении тангенциальной скорости появляется еще один максимум колебаний скорости, наличие которого объясняется собственным вращением прецессирующего вихревого ядра.

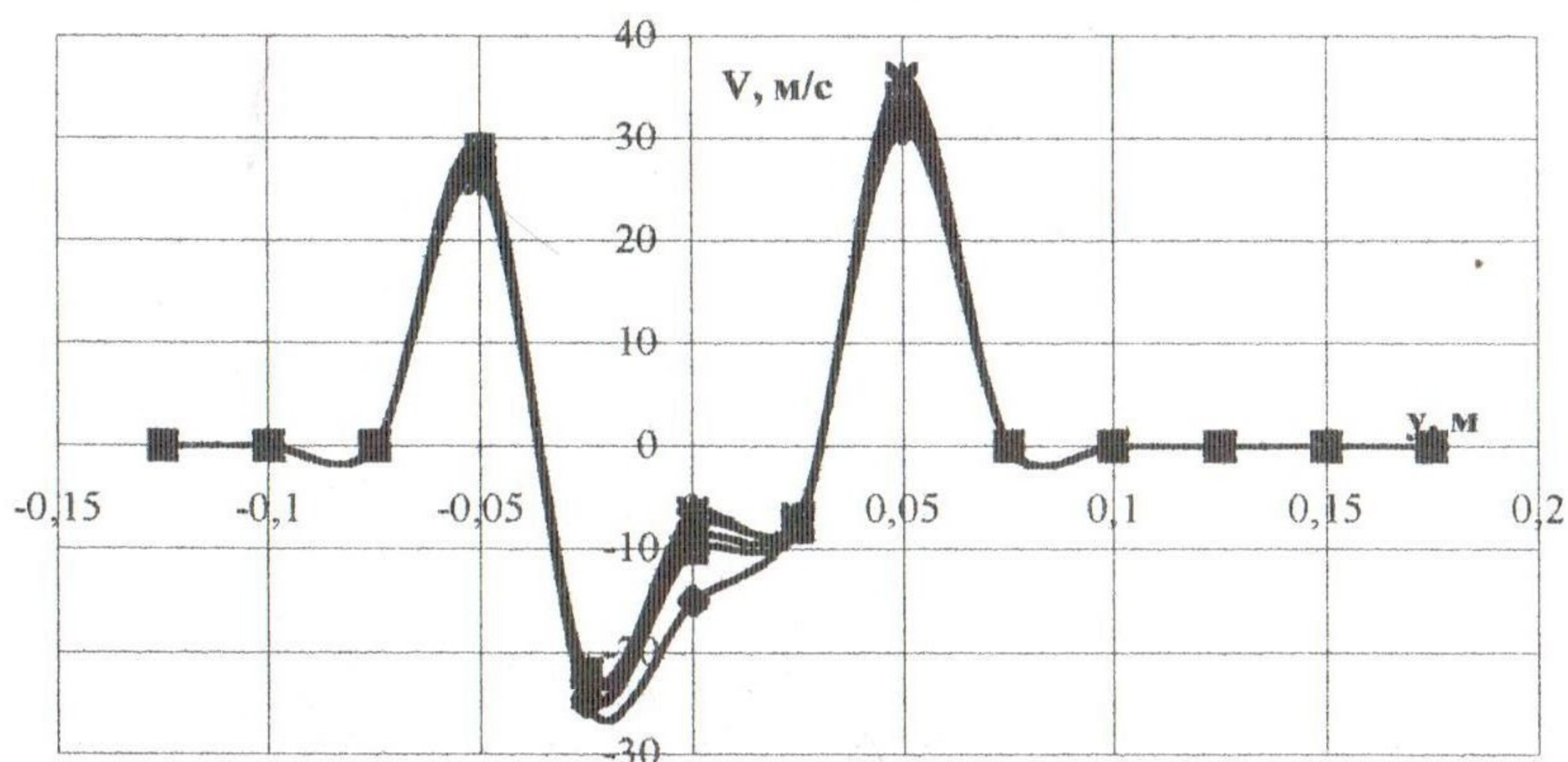


Рис. 5. Распределение тангенциальной скорости на срезе патрубка:
 ◆ — через 10 с.; ■ — 30 с.; ▲ — 60 с.; x — 90 с.; ж — 120 с.

Рассмотрение амплитуды колебаний скорости по длине струи (аксиальная составляющая скорости) позволило выделить зону наибольших пульсаций, находящуюся на расстоянии 3 калибров от среза патрубка, то есть после окончания области обратных токов. Также можно отметить увеличение амплитуды колебаний в центральной (внутренней) зоне закрученной струи на расстоянии 3—4 калибров. Общий характер амплитуды колебаний аксиальной составляющей скорости — максимум на расстоянии 3—4 калибров и дальнейшее снижение, дает

основание считать данную область наиболее неустойчивой в создаваемой структуре течения.

Выводы

Таким образом, в результате экспериментальных исследований колебаний скорости свободной изотермической закрученной струи с прецессирующим вихревым ядром, выявлено, что на участке с зоной обратных токов (до 3 калибров) колебания радиальной и тангенциальной скорости наблюдаются на участках максимальных значений в периферийных слоях струи и минимуме в центральной области, что объясняется периодическим «схлопыванием» области обратных токов, а на периферии — нутацией прецессирующего вихревого ядра. Перестройка поля скорости, вызванное исчезновением зоны обратных токов увеличивает амплитуду колебаний скорости, при этом ее увеличение носит относительный характер, а абсолютная величина остается практически постоянной, что подтверждает предположение о нутации прецессирующего вихревого ядра в качестве механизма возбуждения колебаний. Наличие максимума амплитуды колебаний аксиальной составляющей скорости на расстоянии 3—4 калибров показало, что данную область наиболее неустойчива в создаваемой структуре течения.

Литература

1. Кныш Ю.А., Урывский А.Ф. Модель прецессии вихревого ядра закрученной струи. // Изв. ВУЗов, Авиационная техника, 1984, №3, с.41—44.
2. Гупта А., Лилли Д., Сайред Н. Закрученные потоки: Пер. с англ. — М.: Мир, 1987.
3. Зайцев О.Н. Управление аэродинамической обстановкой в рабочем объеме теплогенерирующих установок. // Вісник ОДАБА №7, 2002, с. 60—64.